

大阪工業大学大学院 学生員 ○田中 秀明  
大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘  
大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の耐久性低下の事例が多く報告されている。そのため、ASR、塩害など単独の劣化現象の研究は多くなされているが、複合劣化の研究は未だ少ないのが現状である。そこで、本研究ではASRと塩害の複合劣化による鋼材腐食やコンクリート劣化等がRCはり部材の曲げ耐荷特性に及ぼす影響について検討する。今年度は、ASR、塩害、ASR+塩害の複合劣化により劣化した供試体の膨張特性やひび割れ発生状況等を経時的に把握するとともに載荷試験を実施し、曲げ耐荷特性について比較検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、図-1に示すような単鉄筋長方形断面を有する全長1800mmのRCはり部材を対象として、スターラップ配置間隔140mm、劣化の種類をASR、塩害、ASR+塩害の複合劣化、健全の計4種類を作製し、それぞれの主鉄筋に両端180°のフックを有する供試体とフックを有しない供試体を1体ずつ作製し、これらの要因を組み合わせた供試体を18体作製した。これらの供試体の詳細を表-1に示す。なお、供試体の主鉄筋には2-D16( $f_{sy}=354\text{N/mm}^2$ )を用い、片側の鉄筋には幅×深さ=2×4mmの溝を掘った。溝を掘った鉄筋は $f_{sy}=354\text{N/mm}^2$ である。せん断補強筋にはD6( $f_{sy}=426\text{N/mm}^2$ )を用いた。作製した供試体を4週間散水養生後、ASR供試体は養生槽にて促進養生を実施し、塩害、複合劣化供試体は養生室にて3%濃度の塩水を週5日散布養生を行った。また、載荷試験方法は、せん断スパン600mmとした対称2点集中荷重方式( $a/d=3.53$ )とし、破壊に至るまで単純漸増型荷重とした。

3. 経過観測の計測結果

養生期間1年と2年におけるA、C、AC供試体のひび割れ進展状況を図-2に示す。図-2よりA供試体はASRによるひび割れ、C供試体は腐食ひび割れ、AC供試体にはASRによるひび割れと腐食ひび割れの双方が発生していた。

4. 腐食評価

腐食鉄筋の平均質量減少率は、A-1供試体では3.2%、C-1供試体では2.6%、A-2供試体では4.3%、AC-2供試体では6.1%となった。

表-1 供試体の詳細

| 名称     | 劣化の種類  | フック | 養生年数 |
|--------|--------|-----|------|
| N-F-0  | 健全     | 有   | 0    |
| N-0    | 健全     | 無   | 0    |
| A-F-0  | ASR    | 有   | 0    |
| A-0    | ASR    | 無   | 0    |
| A-F-1  | ASR    | 有   | 1    |
| A-1    | ASR    | 無   | 1    |
| A-F-2  | ASR    | 有   | 2    |
| A-2    | ASR    | 無   | 2    |
| C-F-0  | 塩害     | 有   | 0    |
| C-0    | 塩害     | 無   | 0    |
| C-F-1  | 塩害     | 有   | 1    |
| C-1    | 塩害     | 無   | 1    |
| AC-F-0 | ASR+塩害 | 有   | 0    |
| AC-0   | ASR+塩害 | 無   | 0    |
| AC-F-1 | ASR+塩害 | 有   | 1    |
| AC-1   | ASR+塩害 | 無   | 1    |
| AC-F-2 | ASR+塩害 | 有   | 2    |
| AC-2   | ASR+塩害 | 無   | 2    |

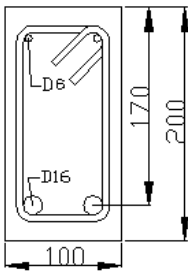


図-1 供試体の断面図  
(単位：mm)

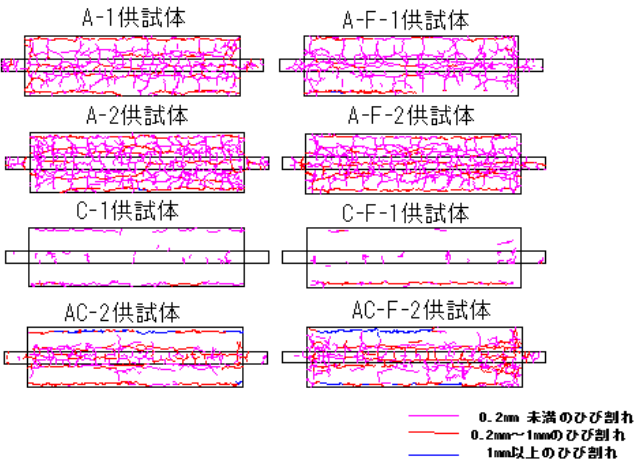


図-2 ひび割れ進展状況

## 5. 最大耐力と破壊形式

各供試体の最大荷重，曲げ破壊荷重の計算値を表-2に示す．なお，すべての供試体は実測値が計算値を上回り安全側の数値となった．破壊形式はいずれも曲げ引張破壊に至った．また，終局時のひび割れ状況を写真-1に示す．A-F-1，A-F-2，A-1，A-2供試体は健全供試体と比較してASR膨張によりケミカルプレストレスが発生したため， $V_c$ が向上しせん断ひび割れがあまり生じなかった．C-F-1，C-1供試体は健全供試体と比較して鋼材腐食の影響によりコンクリートと鉄筋の付着力が低下したため，ひび割れ分散性が低下した．AC-F-2，AC-2供試体はその両者の影響を受けていると言える．

## 6. 荷重-中央変位関係

図-3にフックを有しない供試体の荷重-中央変位関係を示す．N-0供試体はA-1，A-2，C-1，AC-2供試体と比較して最大荷重以降の荷重の低下挙動が緩やかでじん性のある挙動を示した．これはA-1，A-2供試体は曲げスパン内に損傷が集中し，ASRひび割れに沿ってコンクリート圧縮部が圧壊したことや，C-1供試体は鋼材腐食の影響によりコンクリートと鉄筋の付着力が低下したこと，さらにAC-2供試体はその両者の影響を受けていることが要因として考えられる．

## 7. 荷重-コンクリートひずみ関係

図-4にフックを有しない供試体の荷重-コンクリート圧縮ひずみ関係を示す．AC-2供試体は他の供試体と比較して同一荷重時におけるコンクリートの圧縮ひずみが最も大きい．これはASR及び鋼材腐食の影響によりひび割れ分散性が低下し，曲げスパン内に損傷が集中したことが要因として考えられる．

## 8. まとめ

複合劣化供試体は他の供試体と比べて最大荷重が低くなった．これは最大荷重時にASRによるひび割れに沿って曲げ圧縮部が圧壊したことや，鋼材腐食の影響による鉄筋断面積の減少やコンクリートと鉄筋の付着力の低下などの複合劣化が要因と考えられる．

表-2 供試体の載荷試験結果

| 名称         | 最大荷重        | 曲げ破壊 | せん断耐力計算値(kN) |      |      |
|------------|-------------|------|--------------|------|------|
|            |             | 荷重   |              |      |      |
|            | 計算値         | Vy   | Vs           | Vc   |      |
| Pu<br>(kN) | Pub<br>(kN) |      |              |      |      |
| N-F-0      | 75.7        | 65.3 | 48.1         | 26.8 | 21.3 |
| N-0        | 75.5        | 65.3 | 48.1         | 26.8 | 21.3 |
| A-F-1      | 72.0        | 64.2 | 47.3         | 26.8 | 20.6 |
| A-1        | 73.5        | 62.9 | 47.3         | 26.8 | 20.6 |
| A-F-2      | 74.7        | 60.9 | 47.8         | 26.8 | 21.1 |
| A-2        | 75.2        | 61.0 | 47.8         | 26.8 | 21.1 |
| C-F-1      | 72.5        | 63.3 | 46.2         | 26.8 | 19.4 |
| C-1        | 72.8        | 62.9 | 46.2         | 26.8 | 19.4 |
| AC-F-2     | 67.4        | 63.3 | 49.7         | 26.8 | 22.9 |
| AC-2       | 65.2        | 63.4 | 49.7         | 26.8 | 22.9 |

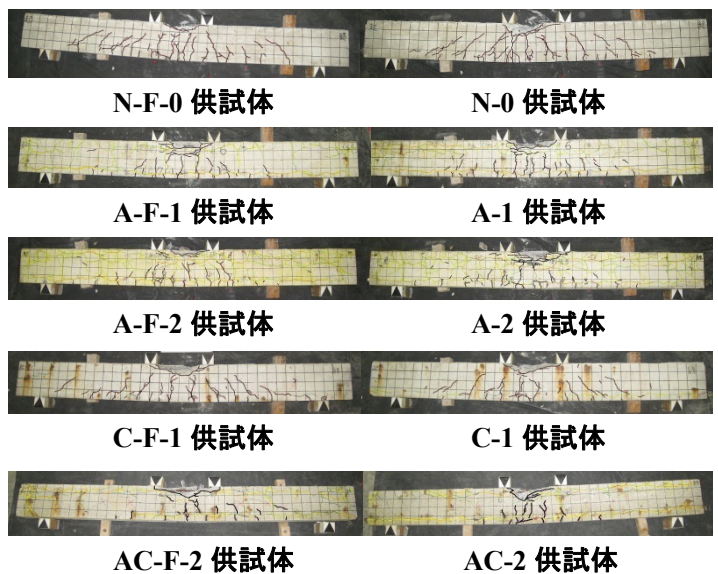


写真-1 終局時のひび割れ状況

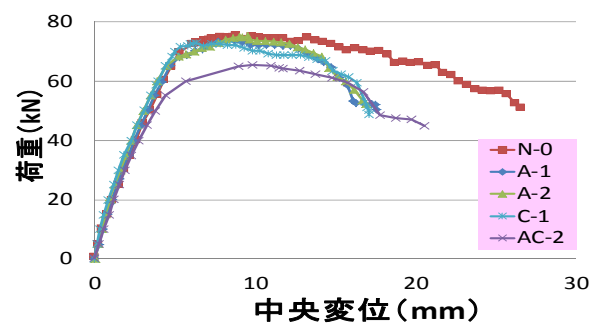


図-3 荷重-中央変位関係

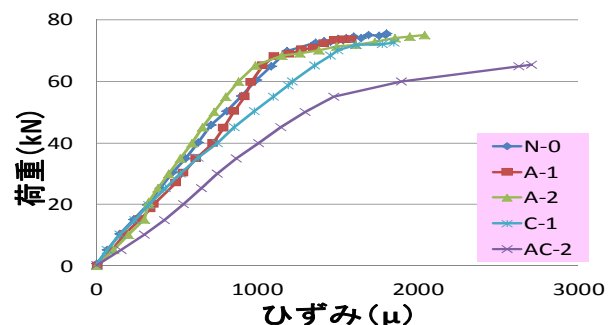


図-4 荷重-コンクリートひずみ関係